健康増進に寄与したウレタン系薄層弾性舗装の開発

日本道路(株)　技術研究所　　○小髙　拓海
日本道路(株)　関西技術センター　　川畑　敦馬
日本道路(株)　技術研究所　　常松　直志

1. はじめに

近年、健康増進を目的としたジョギングやウォーキングに取り組むスポーツ人口が増加している。しかし、一般的に利用されている路面はアスファルト舗装が多いため、路面硬さに起因する疲労や故障に悩まされるケースも報告されている。そこで、筆者らは運動を行う人の身体への負荷を軽減することのできるウレタン系薄層弾性舗装（以下、薄層弾性舗装）を開発した[1)]。本文では、薄層弾性舗装の開発過程で実施した室内検討、試験施工および施工事例について報告する。

2. 薄層弾性舗装の概要

薄層弾性舗装の断面を図-1 に示す。薄層弾性舗装は、母体となる開粒度アスファルト混合物の表面空隙部に特殊ウレタン樹脂を充填し、その上に特殊ウレタン樹脂混合物を敷設した後、砂骨ローラー刷毛でエンボス仕上げ（表面の凹凸を形成）を施した 2 層構造となっている。本構造により、エンボスの効果によりすべり抵抗性と衝撃吸収性を確保しつつ、開粒度アスファルト混合物が骨格となることで、充填されたウレタン樹脂が横ぶれすることなく、良好な走行性・歩行性を確保している。

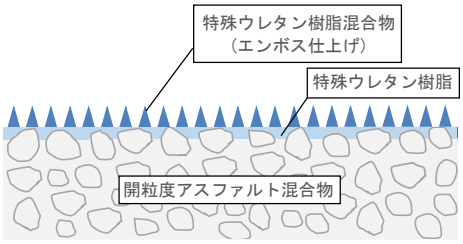


図-1　薄層弾性舗装の断面

3. 室内検討

3.1 検討概要

開発に当たっての検討項目および目標値を表－1 に、検討フローを図－2 に示す。

表-1　室内検討項目

検討項目	評価項目	目標値
表面きめ深さ	MPD	—
舗装の硬さ	GB係数・SB係数	GB40以下、SB20以下
すべり抵抗性	BPN	40以上
接着性	目視による剥がれの程度	剥離が見られないこと

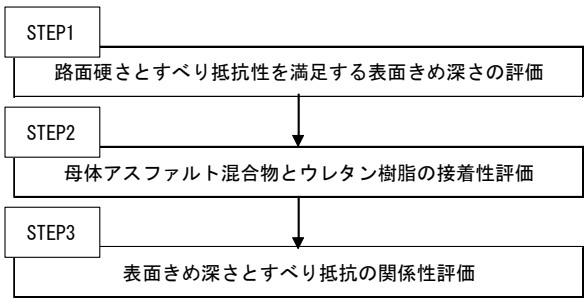


図-2　室内検討フロー

薄層弾性舗装はウレタン樹脂にエンボス仕上げを施すことで表面に凹凸を形成するが、この凹凸の大小により表面きめ深さが変化し、それに伴って路面の硬さやすべり抵抗性が変化することが予想された。そのため、STEP1 では表面きめ深さを変えた供試体を作製し、路面の硬さとすべり抵抗性を測定することで、目標値を満足する表面きめ深さの範囲を設定した。

また、供用においては、ウレタン樹脂の収縮や水の影響による母体アスファルト混合物(以下、母体アスコン)とウレタン樹脂の剥離が懸念された。そこで、STEP2 では母体アスコンの作製条件を変えた供試体を用いて水浸ホイールトラッキング試験(以下、水浸 WT 試験)を実施し、剥離に対する抵抗性を評価した。なお、ウレタン樹脂の収縮や繰返し走行による骨材の把握力低下を考慮し、母体アスコンの表面強化を目的としたトップコート（以下、母体トップコート）の必要性についても検討した。

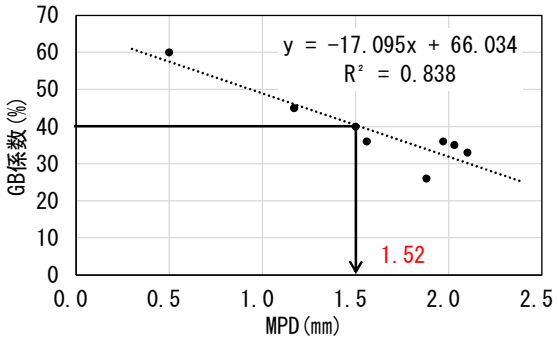
STEP3 では、薄層弾性舗装の長期供用時における利用者の安全性の確認のため、トラバース走行試験によりウレタン樹脂を摩耗させ、表面きめ深さとすべり抵抗性の関係について評価を行った。

3.2 検討結果

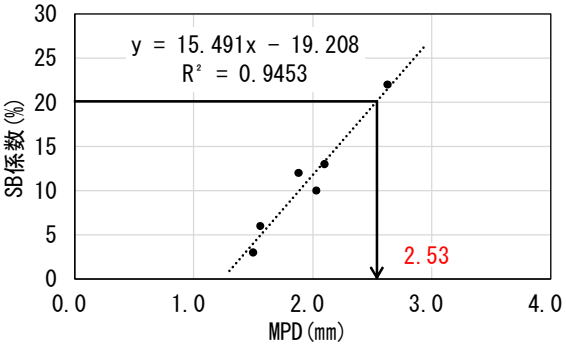
(1) 路面の硬さおよびすべり抵抗性

薄層弾性舗装では、ウレタン樹脂表面のエンボス仕上げの程度により路面の衝撃吸収性や反発弾性が変化するため、表面のきめ深さを変えた供試体を用意し、それぞれの路面の硬さを GB 係数・SB 係数で評価した。

試験結果を**図－3** および**図－4** に示す。結果より、MPD が 1.5mm～2.5mm の範囲では、GB 係数が 40～30 程度、SB 係数が 20～0 となり、目標値を満足した。また、この時の BPN は 60～70 を示し、こちらも目標値である 40 以上となることを確認した。



図－3　GB 係数と MPD の関係



図－4　SB 係数と MPD の関係

(2) 母体アスコンとの接着性

検討した母体アスコンの作製条件を**表－2** に、水浸 WT 試験の試験条件を**表－3** に、試験結果を**表－4** に示す。なお、本検討では、母体アスコンの水浸抵抗性の評価とならないように、**表－3** に示すとおり、試験水位、試験時間、試験温度を変えて水浸 WT 試験を実施した。

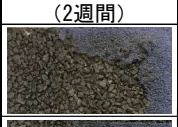
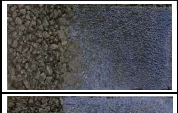
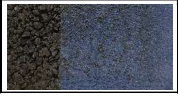
表－4 より、母体アスコンのバインダにストレートアスファルト(以下、ストアス)を使用した場合では、母体アスコンに対してトップコートの施工と 2 週間の屋外暴露の両方を施したもののみが良好な状態を維持していた。また、バインダにポリマー改質アスファルトⅡ型(以下、改質Ⅱ型)を使用した場合では、母体アスコンへのトップコート施工または屋外暴露のいずれか一方が施されていれば良好な状態を維持することを確認した。この結果より、母体にストアスを用いる場合には屋外暴露＋母体トップコート、改質Ⅱ型を用いる場合には屋外暴露または母体トップコートを施すことで、母体アスファルト混合物との付着性能を確保できると判断される。

表－2　母体アスコンの作製条件

NO.	母体混合物	使用バインダ	屋外暴露	母体トップコート
1	開粒度アスコン(13)	ストレートアスファルト 60/80	あり	あり
2				なし
3			なし	あり
4				なし
5		ポリマー改質アスファルトⅡ型	あり	あり
6				なし
7			なし	あり
8				なし

表－3　水浸 WT 試験条件

	試験水位	輪荷重(N)	試験時間(h)	試験温度(℃)
本検討	母体Asとウレタン樹脂の界面	686±10	2	30
通常条件	供試体上面より2cm下	686±10	6	60

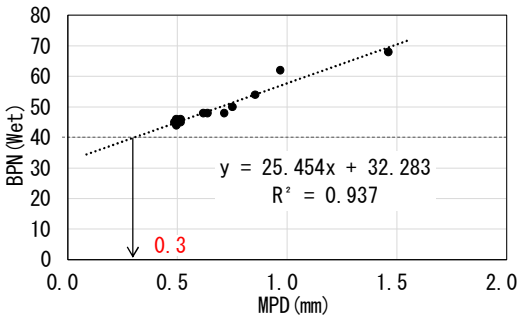
バインダ	母体トップコート	屋外暴露(2週間)	屋外暴露なし
ストアス	なし		
	あり		
改質Ⅱ型	なし		
	あり		

表－4　水浸 WT 試験後の供試体

(3) 供用による表面きめ深さとすべり抵抗性

薄層弾性舗装はウレタン樹脂を使用していることから、長期供用によりエンボスが摩耗し、すべり抵抗性が低下することが懸念される。そこで本検討では、トラバース走行によりウレタン樹脂表面のエンボスを摩耗させ、表面きめ深さとすべり抵抗性の関係を把握し、供用時の安全性を評価した。

図－5 より、MPD の低下に伴って BPN も低下することが確認でき、BPN が目標値である 40 を下回る MPD は 0.3mm と推察された。

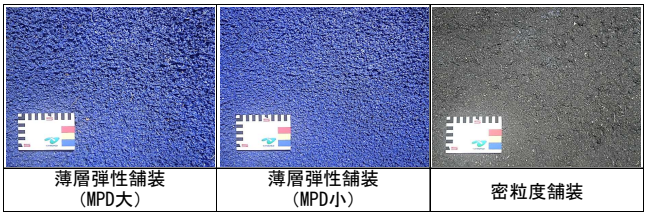


図－5　MPD と BPN の関係

4. 試験施工

4.1 試験施工の概要

室内検討結果を踏まえ、薄層弾性舗装の試験施工を実施した。本試験施工では、エンボス仕上げの際に、網目の異なる砂骨ローラーを使用し、テクスチャの異なる 2 種類の薄層弾性舗装を構築した。また、本試験施工では、比較として隣接する密粒度舗装を含めて、**図－6** に示す 3 つの路面を対象として路面性状調査とアンケート調査を実施した。

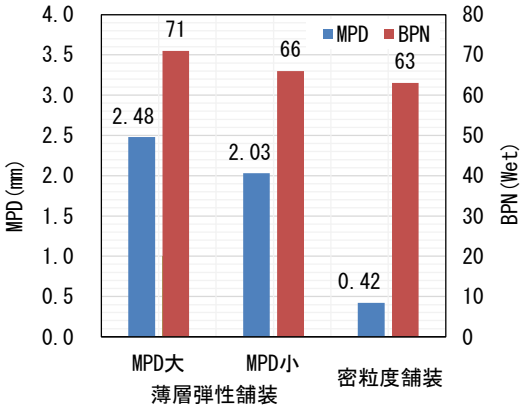


図－6　対象路面

4.2 施工後の路面性状

(1) 路面のきめ深さ

MPD および BPN の測定結果を**図－7** に示す．MPD は使用する砂骨ローラーの種類により差が生じ、粗目（以下，MPD 大）の場合で 2.4mm、細目（以下，MPD 小）の場合で 2.0mm を示した。両工区ともに、前項の室内検討結果から設定した表面きめ深さの目標値（1.5～2.0mm）を満足した。



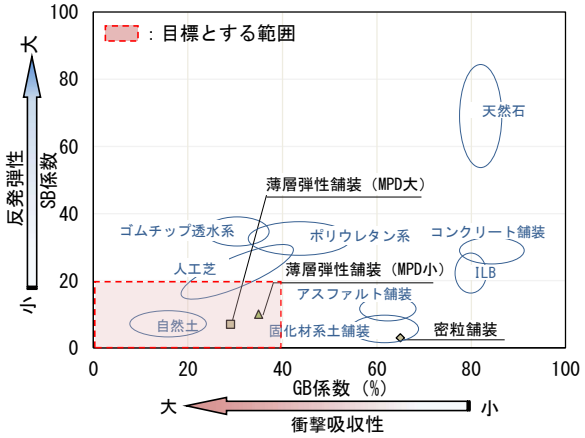
図－7　MPD および BPN 測定結果

(2) 路面の硬さ

GB 係数・SB 係数の測定結果を**図－8** に示す。薄層弾性舗装は、MPD 大の方が、GB 係数・SB 係数ともに小さい値を示したが、両工区ともに目標値（GB 係数：40%以下、SB 係数：20%以下）を満足した。

(3) すべり抵抗性

図－7 より、薄層弾性舗装の BPN は、エンボス仕上げの効果により、両工区ともに目標値である 40 以上を満足し、アスファルト舗装と同等のすべり抵抗性を有していることを確認した。また、MPD が大きい工区の方が、BPN は大きい傾向を示した。



図－8　GB・SB 係数測定結果

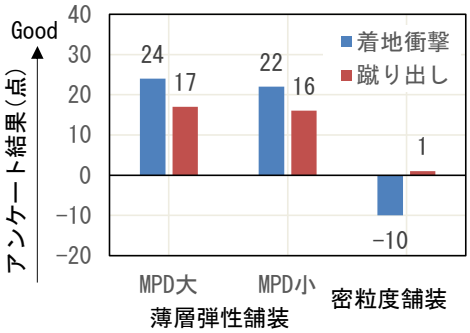
4.3 試走によるアンケート調査

薄層弾性舗装の走りやすさを評価するため、一般のランナーを被験者としてアンケート調査を実施した。アンケート調査の概要を**表－5** に、アンケート結果を**図－9** に示す。

図－9 より、2 種類の薄層弾性舗装の比較では、着地衝撃、蹴り出しやすさともに、MPD 大の方が優位性を示したが、顕著な差は認められなかった。一方で薄層弾性舗装と密粒度舗装を比較した場合、着地衝撃、蹴り出しやすさともに明確な優位性を示した。これは、薄層弾性舗装のエンボスにより着地時の衝撃が吸収され、かつウレタン樹脂の適度な弾性が、蹴り出しやすさに寄与していると推察される。

表－5　アンケート概要

被験者	男女一般ランナー25名
走行速度	20km/h
アンケート調査項目	「着地衝撃の大小」・「蹴り出しやすさ」
集計方法	良い評価を1点・どちらでもないを0点・悪い評価を-1点
	各項目3段階の個別評価



図－9　アンケート結果

5. 施工事例

開発した薄層弾性舗装の適用事例を**写真－1** および**写真－2** に示す。薄層弾性舗装は、主に公園の遊歩道やウォーキング路、ランニング走路等に適用され、健康増進を目的とした運動や散策ができる場所として利用されている。

写真－1　施工事例
（遊歩道）

写真－2　施工事例
（公園内走路）

6. まとめ

室内検討および試験施工結果をまとめると、以下のとおりである。

- 目標とする GB 係数・SB 係数を満足する MPD の範囲は，概ね 1.5 ㎜～2.5 ㎜であった。また、このときの BPN は 60～70 を示し、目標とするすべり抵抗性を満足した。
- 耐水性を考慮した場合の母体アスコンの条件として、ストアスを用いる場合には屋外暴露＋母体トップコート、改質Ⅱ型を用いる場合には屋外暴露または母体トップコートを施すことで、ウレタン樹脂との接着性を確保できる。
- MPD と BPN は高い相関を示し，目標とする BPN 値を満足する MPD は 0.3mm 以上と判断される。
- 試験施工の結果から，概ね室内検討と同等な路面性状を確保できることを確認した。
- 試走によるアンケート結果から、薄層弾性舗装は密粒度舗装よりも良好な走行性を有していることを確認した。ただし、MPD の大小による明確な差は認められなかった。

今後、更なる性能向上に向けた評価や補修方法についての検討を進め、本工法を広く展開していきたいと考える。

【参考文献】

1)　川畑敦馬，池田茜，常松直志，鈴木博信：健康増進に寄与する歩行者系薄層弾性舗装の開発，舗装，Vol.58, No.6，pp.24-29，2023
2)　公益社団法人 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧 第 1 分冊，pp169，2019